



TITLE:

骨格筋に於ける末梢神経障害に関する実験的研究

AUTHOR(S):

桐田, 良人

CITATION:

桐田, 良人. 骨格筋に於ける末梢神経障害に関する実験的研究. 日本外科宝函 1953, 22(5): 480-490

ISSUE DATE:

1953-09-01

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/206027>

RIGHT:

骨格筋に於ける末梢神経障害に関する実験的研究

京都大学医学部整形外科学教室 (近藤鋭矢教授 指導)

講師 医学士 桐 田 良 人

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE HISTOLOGICAL CHANGES OF INJURED PERIPHERAL NERVES WITHIN THE SKELETAL MUSCLES

From the Orthopedic Division, Kyoto University Medical School

(Director: Prof. Dr. EISHI KONDO)

by

YOSHITO KIRITA

Normal histology of nervous elements within normal skeletal muscles was at first studied and then changes appearing in nerves and muscles following the dissection of the sciatic at various levels were traced in cats. Results are as follows.

1) It appears, fine unmyelinated nerve fibers seen in muscle fibers are wholly of motor nature and the so-called "accessory nerve fiber of BOECKE" is also a collateral of a motor nerve fiber.

2) Waller's degeneration following the dissection of a nerve appears earlier and proceeds more rapidly in the myelin sheath than in the axis cylinder.

3) About one week after the dissection of the anterior roots or of the spinal ganglia corresponding to the sciatic nerve, the sciatic trunk and motor fibers in muscles show the most conspicuous degenerative changes, whereas muscle spindles in the same area do not degenerate so severely in the early stage following the dissection.

4) In case of the resection of the main trunk of the sciatic nerve, motor fibers in muscles degenerate more rapidly and markedly as compared with results in 3), reaching the maximum on the 4th or the 5th day.

5) Unmyelinated fibers degenerate more slowly than myelinated ones, the maximum being between the 7th day and the 10th day.

6) Myelinated fibers of medium and small calibers entering a muscle spindle can not be determined by the difference of points of entry into the spindle whether they are afferent.

7) Since the gastro-cnemius muscle is innervated by collaterals of the obturator nerve besides the sciatic, both must be dissected to bring about the complete denervation of the muscle.

8) Some of the nerve bundles running in the perivascular connective tissue within the muscle have been found in some cases to originate from the sciatic nerve trunk.

9) In case of the corresponding anterior roots dissection, the muscle degene-

rates in the same way as the nerve and begins to more or less regenerate from the second week, when the absorption of disintegrated nerve fibers takes place apparently.

10) In case of the resection of the spinal ganglia the degeneration of the muscle is delayed and becomes evident as late as in the second week. Atrophic changes appear in the muscle from about the 16 day.

11) In case of the dissection of the sciatic nerve trunk, both degeneration and atrophy of the muscle are evident in the 1st week. The degeneration of the muscle, however, occurs somewhat later than of the nerve.

目 次

第1章 緒 言

第2章 実験材料並に実験方法

第1節 動物実験

第2節 観察方法

第1項 神経染色法

第2項 一般染色法

第3章 正常骨格筋に於ける運動神経終末並に筋紡錘内神経要素に就て

第1節 筋線維の神経要素に就て

第1項 正常筋線維の神経要素

第2項 正常筋線維分布神経の実験所見

第3項 小 括

第2節 筋紡錘内神経要素に就て

第4章 末梢神経切断実験

第1節 脊髄神経前後根を脊髄後根神経節上部にて切断せる場合

第1項 坐骨神経幹並に筋間神経束内神経所見

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

第3項 筋紡錘分布神経所見

第4項 血管壁及び血管周囲結合織内分布神経所見

第5項 小 括

第2節 脊髄後根神経節切除の場合

第1項 坐骨神経幹及び筋間神経束内神経所見

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

第3項 筋紡錘分布神経所見

第4項 血管壁及び血管周囲結合織内分布神経所見

第5項 筋肉の変性

第6項 小 括

第3節 坐骨神経切断の場合

第1項 坐骨神経幹及び筋間神経束内神経所見

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

第3項 筋紡錘分布神経所見

第4項 血管及び血管周囲結合織内分布神経所見

第5項 筋肉の変性

第6項 小 括

第4節 交感神経節状索切除の場合

第5章 総括並に考按

第6章 結 語

第1章 緒 言

随意筋に分布する神経線維は主として有髄神経線維、即ち脳脊髄神経線維に属するものであるが、この外に組織学的には形態学的に区別すべき無髄神経線維及びその終末を認める事は古くから一部学者により唱えられている所である。即ち1902年 Peroncio 氏は運動神経線維に沿うてその終末器内に終止する繊細な神経線維の存在する事を認め、この線維を発見当初は知覚性のものであらうと推測したが、後日交感神経性と改めた。1909年 Boeke 氏は Bielschowsky 氏法を用

いて検索した結果、運動神経線維と平行して走り且同一終末器内に終止する無髄神経線維を副行神経 (Akzessorische Nervenfasern) と名付け、更に別に運動神経終末器とは関係なく独立して筋線維鞘下に繊弱な終末を形成して終るものを区別し、而して是等無髄神経線維は凡て交感神経性のものであると唱えた。爾來斯る無髄神経線維は幾多の学者によつて各種動物に就いてその存在を是認せられ、本邦に於ても之を形態学的に追求した青柳氏、角田氏一派は是に賛同し、更に吳氏一派は生理化学的及び形態学的立場より骨格筋の四重支配を提唱した。然しながら一方 Langley, Willson,

岩永氏、瀬戸氏、平野氏等の如くそれを否定せんとする立場をとつてゐる学者もある。私は猫の下肢筋に就て各種の切断実験を行い、各種神経要素の変性態度を追求し、更に副行神経線維が如何なる変性を来すかを検索して、その所属系統の一端を究め、更に神経の変性とその支配下の筋変性との関係を明らかにする為に本実験を行った。

第2章 実験材料並に動物実験

椎弓切除を広汎に行ひ、之に耐え得る様体重3kgより5kg迄の比較的大きい成熟猫を用い、実験後之を瀉血死に到らしめ、神経の死後変化を避ける為に、迅速に坐骨神経、腓腸筋、比目魚筋を採取し、直ちにメタノール及び中性10%フォルマリンに浸漬した。

第1節 動物実験

エーテル麻酔の下に切開範囲にアドレナリン添加生理的食塩水を浸潤せしめ、可及的出血を少量ならしめ、第6腰椎椎弓を切除して硬膜に達した後、ペルカミンS 0.2~0.3 ccを用いて腰髄麻酔に置き換え、上下に椎弓切除を進め、文献に従つて坐骨神経領域である第4、5、6、7腰神経及び第1仙骨神経の、

- (A) 前後根を脊髄と脊髄後根神経節との間に於て切断。
- (B) 上記領域の後根神経節を切除
- (C) 坐骨神経を梨子状孔を出る基部近くで挫滅した後、巾1.5cmに互り切除。
- (D) 一側及び両側の交感神経節状索を第2腰椎節より第1仙椎節迄剔除。

一定時日を経て全実験動物を瀉血死に到らしめ所要神経幹及び筋肉片を採取した。

第2節 観察方法

第1項 神経染色法

〔I〕軸索染色には RAMON Y. CAJAL氏中本氏変法近藤氏改良法、BIELSCHOWSKY氏瀬戸氏変法及びBIELSCHOWSKY氏鈴木氏変法を用いたが、鈴木氏変法は染色操作が簡単に前二者に比し比較的容易に習熟する事が出来、而も常時一定に染色し得るに到つた。従つて本実験に於ては RAMON Y. CAJAL氏法と共に主としてBIELSCHOWSKY氏鈴木氏変法を行い両者を対比しつつ検鏡した。各染色法の詳細及び諸注意に就ては拙著「腱紡錘の研究」(日本外科宝函第22巻第3号、昭和28年5月1日269頁)を参照され度。

〔II〕髄鞘染色には KULTSCHITZKY氏髄鞘染色

法を用い連続切片として検鏡した。

第2項 一般染色法

- (1) "ヘマトキシリン、エオジン"重複染色法。
 - (2) スズンⅢ脂肪染色法
- を行い検鏡した。

第3章 正常骨格筋に於ける運動神経終末並に筋紡錘内神経要素に就て

第1節 筋線維の神経要素に就て

第1項 正常筋線維の神経要素

筋線維に分布する神経を大別すると有髄神経線維及び無髄神経線維の二種がある。有髄神経線維は最も多数を占め、運動神経線維であつて、之を概括的に述べると、通常筋間線維束となつて一定の筋線維群に達し、之を斜に横切りつゝ漸次各方面に単条の線維を派出し、全く分散して単条の線維となる。この状態は樹根状を呈している。斯くの如く分散して単条となつた神経線維は2~数条の筋線維を横切つた後に、各神経線維は筋線維の略々中央部に達し筋線維鞘下に於て樹枝状に分岐し所謂終樹(終角)を作るが、第1、2、或いは第3終枝に分枝する状態は簡単な八字状、三叉状又は樹枝状を呈し、各終枝の先端に終網を附着する。哺乳動物以上の高等動物に於ては一般に単条の神経線維は1個の終末を形成し1条の筋線維に終止するのが通例である。

無髄神経線維に就ては文献に依ると有髄神経線維束内に混在する無髄神経線維及び附近に存在する無髄神経線維束より分離して運動神経線維の走行に参加するものは、その経過に従つて漸次神経束より分離して単条の繊細な線維となり、一は単条の運動神経線維と共に走行して運動神経と同一終器内に進入し、小点状膨隆を有する繊弱な終末を形成する。これ即ちBoeke氏の所謂副行神経線維である。この副行神経線維は運動神経終末と同一終器内に共存するが、互に吻合する事なく全く終角を作らぬか、又は簡単な終角を形成してその先端に小点状膨隆を附着して終止する。他の一つは途中では運動神経と共に経過するが、神経束と分離した後は運動神経線維並にその終末と全然関係なく、単独に繊弱な終末を形成して筋線維に終止する。

第2項 正常筋線維分布神経の実験所見

成熟猫の腓腸筋に就てその分布神経を検索した。骨格筋に分布する運動神経の大きさに就ては動物個体及び染色法に依り種々であつて絶対的な大きさを示し得

ない。同一条件下の材料に就て略々中、小径有髓神経に分け得る。

中径有髓神経は一般に理解されている如き樹枝状又は樹根状の終角を示すのである。

本論文に言う小径有髓神経とは鉅銀標本では一見無髓神経の如く思われる運動神経であるが、KULTSCHITZKY 氏染色法によれば明かに有髓性であつて、筋層内神経束内の中径有髓神経線維より岐れて単条となり、極めて簡単な二又状又は三又状の鋭角を持つた終角を形成して終止する。この小径線維は屢々無髓神経線維を分岐する。その分岐点は筋層内神経束内の事あり、神経束より分岐する直前の事あり、又単条となつて後、分岐する事もある。無髓線維に分岐した後、一は再び神経束内に反転して中径有髓神経と共に経過し、中径有髓運動神経とは全く関係なく、経過中小点状結節を作り簡単な終末を形成する。小径有髓神経線維より分岐した他の一は中径有髓運動神経と稍々離れて平行に走り、後同一終末器内に終止するものがあり、又かゝるものでその経過中に結節状に膨隆した部より更に繊細な無髓線維を派出し、中径有髓運動神経終末器内に終末を形成する。中径有髓神経又は小径有髓神経線維に密接して平行に走り、同一終末器に終る無髓の神経線維は之を連続切片により中枢部に追求すれば、必ず小径有髓又は中径有髓神経線維との分岐点を発見する場合が多い。然し乍らこの小径有髓神経線維が神経幹又は神経束で中径有髓神経線維より分岐したものか或いは又脊髄神経細胞より発しているのかは詳かにするを得なかつた。

筋層内神経束内に繊細な無髓神経線維を混じているが、之を末梢部に追求すれば所々に小点状結節を作りつつ屈曲する事なく経過して簡単な二～三又状、又は単条の終末を形成する。その形状は小径有髓神経より分岐した無髓線維の終末形態と非常によく似ている。単条の中径有髓運動神経が2～数条の筋線維を経過する途中で一条の無髓線維を派出し、同一筋線維に全く別箇の簡単な副終末を形成したり、又分岐した繊細な無髓神経線維がその経過中小結節を作りつつ同一終末器に終止するものもある。中径有髓神経線維が直ちに分岐し、髓鞘を失つて3～数条の無髓神経線維となり、各別の筋線維に簡単な終末を形成し、一見単条の無髓神経線維の分布せる如きものもある。

第3項 小 括

以上の各種の所見によつて、從來無髓神経で副行神

経線維として交感神経性であるとされていたものは凡て運動神経の副行枝ではないかとい疑を持つものである。

第2節 筋紡錘内神経要素に就て

筋紡錘に分布する最も太き神経線維は筋紡錘の赤道部に達し、被膜を直角又は斜に貫通するのが普通であるが、私の観察した中には赤道部に達し、被膜を反対側に廻つて後進入するものがあり、又同一筋紡錘内に2ヶ所の進入門を有し、何れも中心核集合部に分岐するものをも確認している。進入後二又状又は三又状に分岐し、ワ氏線維の中心核集合部に於て盛んに無髓の細小なる終枝を分岐する。各分枝は筋紡錘の両極に向つて経過し、ワ氏線維を纏絡しつつ、神経線維の数を減じ、粗となり、各終枝の先端は尖鋭状、小結節状・環状終網、或いは紡錘状膨隆に終る。大径有髓神経より分岐した中径有髓神経は中心核集合部を螺旋状に纏絡するか、或いは割合に屈曲少く両極に向いつつ無髓の細小の終枝を出し、上記と同様の終末に終止する。

運動神経線維と略々同じ太さを有する中径有髓神経線維は2～3～4条の束をなして大径有髓神経と共に赤道部より進入するか、赤道部被膜外にてその外側を一極に走り、その極近くで進入し八字状に分れるか、或いは又筋間神経束より分れた2～3～4条の同様線維が極近くより進入し、夫々皆極近くに運動神経類似の終末を形成するもの、終枝を派出しその先端に環状終網を附し桑の実状を呈するもの、或いは全く錯綜して複雑な網状終網に終るものがある。

無髓神経分布に就いては文献上種々記載があるが、私の実験では極近く屈曲する事なく、又太さに変化を示さない繊細な無髓線維を認めたが、之が大径有髓神経の分岐したものであるのか、又は中径有髓神経線維より由来したものであるのか、或いは全く単独に分布し來つたものであるか、この所見のみでは明かに為し得なかつた。

第4章 末梢神経切断実験

第1節 脊髄神経前後根を脊髄後根神経節上部にて切断せる場合

脊髄神経前後根を脊髄と脊髄後根神経節との間に切断後40時間、3日、4日、6日、14日、21日、を経過したもの各3頭宛に就て、その腓腸筋及び比目魚筋の神経終末、坐骨神経幹神経線維の状態を検鏡した。

第1項 坐骨神経幹並に筋間神経束内神経所見

坐骨神経幹及び筋間神経束内の中径及び小径有髓神経線維は Waller 氏変性に陥る。即ち40時間目では著しく膨化腫脹し、正常運動神経の直径の2倍以上に達し、嗜銀性は減退する。髓鞘は染色性不平等となり、大小の塊状に断裂、又は大小不同の空胞を形成する。4日を経れば軸索は大小の小顆粒状に断裂崩壊する。髓鞘は崩壊し一部吸収されて点々空隙部を認め、6日後に到れば軸索は崩壊、吸収され点々大小の顆粒状に連なり、14日に到れば微細な顆粒が僅かに残存し、21日後となると稀に微細顆粒を認める程度で、間質の増殖が著しい。

髓鞘は14日目では、点状として残存する事があるが、21日では痕跡をも認めない。

筋間神経束内ではその変性過程は坐骨神経幹のそれよりも稍々遅れ、崩壊吸収も時日の経過に応じて軽い様である。

大径有髓神経及び細小無髓神経には認むべき変性像を呈しない。

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

切断後40時間では筋層神経束の中、小径有髓神経線維は著しく膨化腫脹し、嗜銀性は減退する。斯かる膨化は全長に亘る事もあり、或る一部に特に著しい事もあり、各線維の太さは通常の2~3倍以上に達する。髓鞘は一部断裂し、一部膨化し、染色性は不平等である。髓鞘を失つて終角を形成するに当つては第1、2及び3終枝共に著しく膨化腫脹し、終網は全く崩壊し、終枝の先端は鈍となり、紡錘状膨隆を呈するか、点状、Y字状片或いは単桿状片に断裂する。

底板核は辛うじて崩壊を免がれるも、稍々膨化して輪廓は不鮮明となり、核内顆粒は増加する。中径又は小径有髓神経線維より分岐した無髓神経線維は凡て膨化腫脹し、嗜銀性も減退し、分岐しない単条のもの及び二叉状に終るものでは分岐部は著しく膨化し、終枝は鈍となる。中径有髓神経終末内に終るものにあつても同様に膨化腫脹を来し、終枝は紡錘状、丁字状等となる。切断後4日に到れば、運動神経線維及びその終枝の腫脹、屈曲は更に強くなり、終枝は神経線維と同大となり、その先端はY字状、球状をなすか、又は大小顆粒状に断裂、崩壊し、一部吸収され点々顆粒をとどめる。無髓神経は著しく膨化し、崩壊した顆粒の間に残存するか、一部断裂している。然し前者に比しその変性は軽い。

切断後6日目となれば、中径運動神経線維は全く断

裂、崩壊吸収され、点々と小顆粒を止め、辛うじて旧走行を知り得る程度となる。無髓神経は膨化肥大し、断裂するが、尙残存する事がある。

14日目では全く吸収清掃され、僅かに微細な顆粒を残す、21日以後は片影をも染め出し得ない。前根を切新した場合変性の最も強く現われるのは1週目である。

第3項 筋紡錘分布神経所見

切断後40時間では、大径有髓神経線維と共に進入するか、或いは別個に両極末梢部に近く進入する2~3~4条の中径有髓神経線維は運動神経線維と同じく膨化、腫脹、屈曲する。被膜を貫通し筋紡錘内に入るや著しく腫脹、膨化し、通常と同線維の太さの3倍以上にも達し、染色性は一般に乏しくなるが、運動神経線維程ではない。その終末は運動神経終末の如く膨化腫脹するものが多いが、終枝の断裂は認められない。

切断後4日では更に著しく膨化、腫脹し、所々断裂するが、未だ吸収の像はない。6日すれば大小の顆粒に断裂、崩壊し、更に吸収され、14日目及び21日に到れば全く吸収清掃されてその片影をも認め得ないが、全経過を通じて大径有髓神経線維及び一部の中径有髓神経線維のあるものでは全く変性を呈しない。

以上の所見より運動神経線維と筋紡錘内に来る中径有髓神経線維のあるものの変性はそれが紡錘内に進入すると幾分遅延し、その進行程度に時間的なずれを認めるが、変性の最高は略々同時期で1週間目である。ワ氏線維には全過程を通じて変性像と認むべき所見を見ない。

第4項 血管壁及び血管周囲結合織内分布神経

血管壁及び血管周囲結合織内を走行する細小無髓神経線維には何等の変性像を認めなかつた。

第5項 筋肉の変性

40時間では筋線維の染色は稍々悪く、所謂管状変性に陥っている像があり、核は変性の微なく増殖もない。又脂肪変性もない。

6日では筋線維は非常に狭小となり、強い筋萎縮の像を認め、又管状変性に陥り、線維の収縮条紋が諸所に出現、更に空胞変性、蠟様変性、念珠様変性を所々に見る。核は増殖、膨化し、膨化した核には空胞変性が起つていて Kariolyse の一步前の像を呈するものがあり、更に進んで核の集落が粗になり、著明に膨化して核の中央に紫色に染色された核封入体が見られる。又 Kariolyse の所見も現われる。

脂肪染色に依れば筋線維の両端に微細な脂肪顆粒が出現し、間質に浸潤した単球、或いは筋線維に接して存在する単球が脂肪を貪食している。

14日に到れば、筋線維全体が空胞状となるか或いは大きな空胞を形成した筋線維が散在する。又 Eosin の染まりの悪い部分が存在して、増殖した核も膨化が強くなり、核封入体が認められる。筋線維の両端には微細な脂肪顆粒が出現している。そして筋線維は萎縮し、線維間の間隙が広く、筋核の増殖が強い、又間質の単球にも反応が強い。

21日では筋線維は筋形質の分布不平等となり核の再生は中等度で、核可染性物質の融解現象即ち膨化や核封入体の出現が未だ残っている。核の増殖と単球が入り混つて雑然とした感があり、近い過去に強い変性現象のあった事を想像させる。

第6項 小括

(1) 軸索と髓鞘との変性は略々同時に起るが髓鞘の変性は稍々急速に進行し、短時日の間に崩壊現象を呈するが、軸索の変性はそれより稍々緩慢で、崩壊現象を呈する迄の時間が稍々長い。

(2) 中径有髓神経線維の崩壊の著明な出現は1週間であり、副行神経と考えられていたものをも含めて、筋層に於ける凡ゆる無髓運動神経線維の著明な崩壊現象は7~10日である事よりして、有髓神経線維は無髓の神経線維に比して抵抗が弱い。従来考えられていた副行神経等の無髓神経線維はすべて運動神経副行枝と考えられる。

(3) 筋紡錘内では筋線維に於けるよりも神経の変性は幾分遅延し、進行速度に時間的差がある。

(4) 神経の変性と筋肉の変性との間には互に相関関係があり、運動神経の変性の最強である1週目では筋の変性現象も盛んであり、神経線維の崩壊、吸収、清掃される2週目以後では変性した筋線維の整理即ち再生現象が起つて、単球の浸潤、再生核の崩壊しゆくのを見る。

第2節 脊髄後根神経節切除の場合

脊髄後根神経節を切除後、40時間、4日6日、16日20日、43日を経過したもの各3頭宛につき、坐骨神経幹、腓腸筋及び比目魚筋の神経要素を檢鏡した。

文献に従つて、猫の第4腰椎神経後根神経節より第1仙椎神経後根神経節を切除したが、或る動物では全く変性を来さない筋紡錘を認めたので、少くとも第3腰椎神経より第3仙椎神経迄の神経節を切除する必要

があり、従つて初期の実験成績は正鵠を期し難いものがあつた。

第1項 坐骨神経幹及び筋間神経束神経所見

切除後40時間では大径有髓神経の軸索は著しく膨化、腫脹し、辺縁の凹凸があり、染色不平等であるが、断裂は見られない。髓鞘は著しく膨化、腫脹し、大小の空胞形成及び断裂を認め、染色性は不規則である。

切除後4日に到れば、大径有髓神経線維の軸索は断裂、崩壊し、大小不同の小顆粒として配列し、或いは吸収されて空隙を残している。髓鞘は染色性の減退、大小不同の空胞形成、崩壊、吸収が強くなる。

6日に到れば軸索は全く崩壊し吸収されて間隙を作り、中に、点々顆粒を止める程度となる。髓鞘は更に吸収の程度強く、この時期には空胞形成、膨化、腫脹、断裂、崩壊、吸収等種々の程度の変性像が混在している。

16日には軸索は殆ど吸収、清掃されて空隙をなす中に微細顆粒の残存を認める事がある。

21日後では全く吸収、清掃され、間質は増殖し空隙を残す中に、稀に微細顆粒を止めるのみである。30日以降は全く片影すら認められない。

筋間神経束では神経幹に比し変性軽く、一定の時間的差を保つて変性して行く、然し乍ら中径有髓神経線維には変性像は見られない。

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

切除後40時間から43日迄に、筋層に於ける運動神経線維に認むべき変性を来さない。又文献に散見する如き小径有髓神経の変性像は一例も見られなかつた。

第3項 筋紡錘内分布神経所見

切除後40時間では、大径有髓神経線維は膨化、腫脹し、辺縁不整、染色不平等で濃淡あり、是等の第1、第2分枝及び側枝は膨化、腫脹しているが、断裂なく終網の崩壊を来して居ない。一極の末梢部に近く進入する2~3条の中径有髓神経線維は全然変化なく正常の終末を形成するもの、時に膨化、腫脹し、屈曲著しく、嗜銀性の減退せるもの、或いは又著しく膨化し蛇行するが、正常な終網をつけた樹枝状分岐の終末をもつもの等がある。又赤道部から進入する中径の有髓神経束の中、一部のものに殆ど変化のないものもある。

髓鞘染色で、大径有髓神経線維は膨化、腫脹し、染色性は不平等で斑点状を呈するが、辺縁は割合に平滑さを保っているものと、既に断裂を来しているものと

に混在する。

切除後4日に到れば赤道部より進入する大径有髓神経線維は大小不同の顆粒に崩壊し、それと共に入る中径有髓神経線維も同様断裂を来しているものがあるが、極部に分布する中径有髓神経線維のあるものでは大小顆粒に崩壊し、あるものでは変性を免れている。一極側から進入する中径有髓神経線維には殆どすべて変性像を認めず、然し乍ら被膜内を蛇行する神経線維の一部に小顆粒状崩壊像を認めるものがある。髄鞘染色では大径有髓神経線維は大小不同の小髓質顆粒に断裂し、6日後では大径有髓神経線維は全く崩壊し、大小不同の小顆粒となつて僅かに点々残留する。中径有髓神経線維の或るものも亦同様の経過をとつて変性する。大径有髓神経の髄鞘は微細な髓質顆粒に崩壊しつつある。

16日後に到れば全く吸収、清掃されてその痕跡をも認めないが、前記同様中径有髓神経線維の或るものは全く変性を呈して居ない。

21日以後、30日、43日目の標本ではすべて同様であつて、大径有髓神経線維は全く清掃され、中径有髓神経線維のあるもの、殊に極近くで進入するものには変性を見ない。

第4項 血管壁及び血管周囲結合織内分布神経所見

全経過を通じ変性像を認め得なかつた。

第5項 筋肉の変性

4日目に初めて極く軽い筋核の増殖があり、その配列が疎で、筋収縮質の軽い融解を認める。又間質には軽度乍ら単球浸潤があり、6日目では4日目と殆ど同様であるが、筋線維が脆弱となり、溷濁様腫脹の状態と言えるが明かな変性の像は現われていない。

脂肪染色では脂肪顆粒は染色されない。16日目になると筋線維には細いものが混在して萎縮の状態があり、Eosinの染まりが不平等であり、又管状変性があつて収縮条紋が分明に出ている。Eosinの染まりの悪い部分は一般に膨大して太く、筋核の増殖があり、溷濁様腫脹から蠟様変性への移行型と考えられる。脂肪染色ではLipoidの染色を見る。

30日後に到れば、溷濁様腫脹を起した線維と萎縮に陥つた線維とが判然として居る。更に筋核の増殖が著明で諸所に巨細胞形成が認められ、収縮条紋の明かな管状変性に陥つた線維が多い。

第6項 小括

(1) 大径有髓神経の変性は40時間では終枝終網の崩壊に至らず、4日目に断裂、崩壊を来し、1~2週の間に最高に達するが、前根切断の際のそれと比べれば幾分遅れている。

(2) 筋紡錘に於て中径有髓神経線維の変性の進行は大径有髓神経と同様であるが、如何なる進入路のものが変性するか、従つて何れの神経線維が遠心性であり、又求心性であるかをその進入部位によつて決定する事は非常に錯綜していて不可能であつた。

(3) 神経と筋肉との変性の相関関係に就いては、筋の変性が前根切断の場合程強く起らず、寧ろ萎縮像が比較的強く現われて神経の変性とは平行しない。

第3節 坐骨神経切断の場合

坐骨神経の切断に當つてはその再生を防止する為にコッヘル氏止血鉗子で坐骨神経幹を挫滅した後、この部を剪刀で切断し、その断端より末梢部を約1.5cm切除した後、24時間、48時間、3日、4日、5日、6日、8日、14日、21日、を経過した各2頭宛に就て、所要の材料を採取し検鏡した。

第1項 坐骨神経幹及び筋間神経束内神経所見

坐骨神経幹：切断24時間後では髄鞘は著しく膨化し、濃淡不平等となり、大小の空胞形成、断裂、があるが、崩壊像は認めない。

筋間神経束では大部分の神経は大小顆粒状に断裂するが、膨化、腫脹した小径運動神経線維を混在し断裂を認めないものもある。

切断後2日では変性は稍々強くなり、切断後3日に到れば、軸索は大小の顆粒に崩壊し、吸収されている。髄鞘も小顆粒に断裂、崩壊し、ある部では全く吸収されつつある。4日に到れば全く崩壊、吸収され、点々その残骸を認めるのみとなる。5日目では軸索は大きさ不同の小顆粒に断裂、崩壊し、点々と配列するものと、一部全く吸収されて旧走行を想像し得る程度のものとあり、8日に到れば、軸索は神経幹では神経要素は殆ど吸収されて空胞状の間隙をなし、間質増加し、空胞状間隙内に微細顆粒を存するものがある。

筋間神経束では神経幹と同様に小顆粒を点々と残存しているが、その中に全く変性像を呈しない神経線維を認める。

髄鞘は神経幹では殆ど吸収、清掃されるが、筋間神経束内では全く変性のない神経線維がある。21日では軸索は神経幹では、間質増加し、吸収されて空隙を作つて居る部に微細な顆粒を残存する。筋間神経束では

神経幹と同様であるが、尚崩壊した小神経線維片を多数含むものがあり、正常に近い中径有髓神経線維と無髓の神経線維を含むものがある。

切断後 Waller 氏変性は一様に起るのではなく、崩壊、断裂、は既に24時間で起るが、その最高点は4～5日である。又筋間神経束内で切断後5日目、8日目及び21日目に於て、殆ど正常像と思はれる大、中径有髓神経線維の混在しているのを認めた。

第2項 筋層内神経及び神経終末所見

切断後24時間では筋層に到る運動神経線維は中等度に膨化、腫脹し、染色性減退、不平等となり、走行は幾分屈曲度を増す。終枝は第2終枝をも含めて膨化、腫脹し、各々の先端は鈍であるが断裂像はない。終枝の先端に環状膨隆を認め、その周辺は膨化し、染色性に乏しく、崩壊の直前と考えられる。終樹は蕨状、蟹の缺状、鹿の角状、珊瑚状を呈す。

終末核は稍々膨化して輪廓は不鮮明となるが尚保存されている。

髓鞘染色によれば著しく膨化せる部と、狭小となっている部とがあつて、串団子状となり、或いは又断裂、崩壊し、大小の微細片となるものもある。

2日目では終枝は断裂、膨化して点状、或いはY字状片となる。ある部では断裂、崩壊し、微細な顆粒が点々配列し、僅かに旧走行を想像し得るものがあり、色々の変性像が混在する。髓鞘では著しく膨化、断裂し、微細片となるものがある。5日目になると微細な顆粒状に崩壊し、吸収されて点々と散在し、旧走行を僅かに想像し得るのみとなる。8日目及び21日目では共に神経要素は全く吸収、清掃されているが、筋間神経束は5日、8日、21日目に於て略々正常な有髓神経線維を認め5日目及び21日目の標本に於てのみ筋層部に運動神経線維を染出し得た。特に21日目には小径有髓神経線維をも染出し得て、而も終網及び終末核を有する事より、再生した神経線維とは考えられない。

第3項 筋紡錘内分布神経所見

切断後24時間では大、中、小径神経線維に変性像を示さないものから、不同小顆粒に崩壊し去り、点々その残骸を認むる迄の変性の種々相を見る。即ち大径有髓神経線維の一部は膨化、辺縁不平等の変性像を認めるが、断裂はなく、分枝及び側枝に何等の認むべき変性なく、或る部では大径有髓神経線維が崩壊、断裂し、中径有髓神経線維は正常のまゝのものがある。2日後でも同様の所見であるが、崩壊の程度は強く、銀

顆粒の沈着があつて寧ろ濃染された如き状態を呈するものがある。

5日後に到れば、大、中径有髓神経線維の何れもが崩壊、吸収されて、細小顆粒が被膜、或いはワ氏線維上に点々と残存するのを認めるが、或る標本では一極に近く断裂を免がれた中径有髓神経線維を認める。

8日目には全く吸収、清掃されるが、中径有髓神経線維が一部残存している。

21日目では殆んど吸収、清掃され、極く稀に微細残片を認めるが、一部の紡錘には殆んど変性のない大径有髓神経線維を染出し得た。何れの場合も鍍銀染色ではワ氏線維に変性なく、横紋があり、中心核集合部も明かである。

第4項 血管壁及び血管周囲結合織内分布神経所見

切断後24時間に於ては、血管周囲結合織内分布神経線維に、一部微細顆粒状に崩壊せるものを認めた。8日目に於ては全く正常である。是からして血管周囲結合織内分布神経の一部には明かに坐骨神経中を通過して、直接下肢筋中の血管壁に来るもののある事を推定し得る。

第5項 筋肉の変性

坐骨神経切断実験は前根切断、或いは脊髄後根神経節切除を行う場合程実験動物に大きな影響を与えない。この場合術後猫は直ちに跛行し、食欲の減退等を来さない。従つて切断による全身的な影響が筋肉の変性に直接及ぼされるとは考えられない。

切断後24時間では、稍々核の増生があるが、正常範囲内の最高であり、間質の周囲に単球の浸潤を見る。5日後には筋核の集落が増殖し、筋収縮物質が不透明であり、染色性に乏しく、間質には軽い細胞浸潤がある。

8日目に到れば、核の増殖が強く、旧の筋核は膨化して大小種々となり、配列も不整となる。筋線維の太さにも不同を生じ、筋萎縮の像が現われて来る。

21日目には筋萎縮の像は益々強くなり、線維は細くなり、線維間に間隙を生じ、割合に強い単球浸潤がある。筋収縮条紋が目立つが、核に封入体は現われていない。

第6項 小括

(1) 坐骨神経切断後、その末梢部の変性は24時間後既に起るが、その変性速度は区々であつて最も強くなるのは4～5日である。

(2) 筋紡錘内では神経変性の進度は筋線維に於けるよりも強く且早い。5日目になると微細顆粒の片影のみとなり、筋線維と筋紡錘内との変性態度は、前根切断の場合と全く判別される。

(3) 切断後5日、8日、21日の標本で、筋間神経束、筋層内神経及び神経終末に到る迄、全く正常な数条の運動神経線維を染出した。是は終網及び終末核を有する事から再生神経とは考えられず、閉鎖神経側枝によるものとする。筋紡錘に於ても同様の正常な大径有髓神経を証明した。

(4) 筋変性及び萎縮と神経変性との間に時間的ずれがあるが、1週目に筋変性及び萎縮が強く現われる。

(5) 切断24時間後の血管周囲結合織内分布神経の一部に、微細顆粒状に崩壊した像を証明したが、是はこの部に在る神経の一部に坐骨神経幹を通るもののある事を示している。

第4節 交感神経節状索切除の場合

一側の節状索を第2腰椎節より第1仙椎節迄切除した後、7日、14日、21日及び両側を同様切除した後、72時間の動物に就て Cajal 氏染色中本氏変法及び Bielschowsky 氏鈴木氏変法を行い検鏡した。

両側又は片側を切除した場合には、坐骨神経幹には細小の無髓神経線維は染出し得なかつたが、筋間神経束では少数乍ら染出し、又血管壁及び血管周囲の結合織内にも之を証明した。坐骨神経幹に証明されず、而も筋間神経束内に証明する事よりすれば、坐骨神経幹より末梢でその神経束迄の間の何処かに神経細胞を持つものより発したか、或いは血管壁周囲の交感神経より分岐し来つたものか何れかと考えられるが、或いは又神経幹内に於て分岐する所の小なる運動神経線維であるか追求し得ず、何れとも判定し難い。

血管周囲の結合織内を走る所謂無髓神経束に就ては、是が血管壁の無髓神経線維と相互に關係のある事は、その束より血管壁に分枝を出している事より確実であるが、斯かるものの中、坐骨神経切断時変性するもののある事より考えれば、該神経束中のあるものは明かに坐骨神経幹を通過して来るものがある事を知る。

第5章 総括並に考按

筋線維に分布する無髓神経線維は単条の運動神経線維と共に経過して、該運動神経終末器内に進入し小点状の繊細な終末を形成する。是が即ち Boeke 氏の所

謂副行神経線維であり、又別に運動神経及びその終末とは全然關係なく単独に前述の如き繊細な終末を形成するものがある。斯かる無髓神経線維は從來凡て交感神経性と考えられていたのであるが、之に対して賛同するものと、是を否定するものがある。私の標本に依ると筋層内神経束の内に小径有髓神経が分岐して2条の無髓神経となり、一は反転して神経束内を中、小径有髓神経と共に経過して独立した簡単な終末を形成し、他は直接筋線維に分布して同様の終末に終止するのが見られた。即所謂副行神経線維を中絶部に追求すれば小径有髓神経線維より分岐するか、又は副行する小径又は中径有髓の親神経線維より分岐するのを確認する、而も前根切断によつて是等中、小径各有髓神経及び前述の無髓神経は総て変性消失するのであつて、この兩観点より從來信ぜられている所謂副行神経線維及び無髓神経線維は一いつ運動神経副枝なりと断言し得るものである。従つて角田氏一派及び呉氏一派の説には賛同し難い。神経切断の場合の Waller 氏変性は軸索に比し髓鞘に早く現われ急速に進展するが、その変化は末梢に行くに従つて稍々遅れる。

前根切断の場合、坐骨神経幹、筋間神経束、筋層内神経線維及び筋線維に到る無髓神経線維は Waller 氏変性に陥り、40時間目では尚底板核の残存を認めるが終網は既に崩壊し、日を追うて断裂、崩壊、吸収が進み、大体約1週間で最高に達する。然し筋紡錘の一部の変性は筋層のそれよりも稍々軽く、変性の進行速度に時間的ずれを認めるが、変性が最高に達するのは大体筋線維の場合と同様である。無髓神経線維は有髓神経線維より変性が遅れ、6日目でも断裂しつつ尚残存している。即ち有髓神経線維は無髓神経線維に比し抵抗よく早く崩壊する。

後根神経節を剔出した場合の筋紡錘内大径有髓神経の変性も前後根切断の場合と略々同様の所見、進度を示すが、筋紡錘に進入する中径有髓神経をその進入の如何によつて求心性か、遠心性かを決定する事は不可能であつた。筋紡錘の極附近で進入する2~数条の中、小径有髓神経はその変性態度よりして大多数は遠心性と考えらるべきものである。

坐骨神経幹を切断した場合24時間後の変性は前根切断後40時間の所見と非常によく似るが、48時間では既に断裂、吸収が進み、変性は4~5日にして最高に達する。前根切断、後根神経節切除に比し変性は急速に且強く起る事を知つた。

前根切断の場合は筋紡錘内では筋層に比し神経変性が寧ろ遅延するに反し、坐骨神経切断の場合は筋層のそれに比し筋紡錘の変性は強く且早期に現われるのは全く対蹠的である。しかし斯かる現象がどうして起るかの理由に関しては未だ之を詳かにするに至っていない。又坐骨神経切断後5日、8日、21日の標本で、筋間神経束内より神経終末に到る迄全く変性を来していない正常の運動神経線維及び正常な神経の分布した筋紡錘を染出した。坐骨神経幹を挫滅した後、1.5cmの長さを剪刀で切除した事及び正常の終枝、終網及び底板核を有する事から是等の神経線維が再生したものとは考えられない。従つて同側の閉鎖神経側枝と考えるのが妥当であろう。又坐骨神経切断24時間後の血管周囲結合織内分布神経の一部に微細顆粒状に崩壊した神経線維を証明した事より、この部に来る細小なる神経の一部には坐骨神経幹を通過するもののある事が窺い知られる。

血管壁及び血管周囲結合織内分布神経に就ては坐骨神経切断後24時間目の一部に断裂を見た以外は各種の切断実験に於て全く何等の変性をも認めなかつたし、交感神経節索を両側又は偏側に於て第2腰椎節より第1仙椎節迄切除しても何等の変性をも来していないのである。

筋線維に於て従来交感神経性と考えられていた無髄細小神経線維は私の標本では全く証明されなかつたが、神経終末周囲には特に毛細血管が多数存在する事より、この毛細血管に分布する交感神経と終末との間に何等かの関連があるものと想像されるが、この仮定を実証する事は出来なかつた。

筋紡錘に分布する各種の神経線維の内、極近くに於て、余り屈曲することなく、又太さに変化を示さない繊細な無髄神経線維を認めたが終末まで追求することが出来なかつた。前根切断後24時間目の標本に於ても何等変性像を呈しない同様の神経線維を染出したが、前根切断標本に毎常染出し得なかつたのでこの神経線維、変性態度を解明することは不能であつた。従つてこのものが大経有髄神経の分岐したものか、又は中経有髄神経線維より由来したものであるか、或は全く単独に分布し来つたものであるか明らかでないが、筋紡錘に分岐する小神経束内に繊細な無髄神経線維を認めること、及び前述の切断実験所見より単独に分布するものではなからうかと想像されるのである。

神経の変性と筋肉の変性との關係に就て、前根を切

断した場合、運動神経の変性の最強である1週間目では筋の変性も亦盛んで神経線維の吸収、清掃の起る2週目になると変性した筋線維の整理即ち再生現象が起つて単球の浸潤が見られる。後根神経節切除の場合は前者程強く起らず4~6日目より変性像が明かとなつて来る。2週目で変性が可成強くなり、それ以後萎縮像が強く現われて来る。

然し乍ら椎弓切除術を広範囲に行つた後は、猫は全身衰弱甚だしく4~5日間は食欲がなく、従つて全身衰弱の影響も亦可成関係があると思われるが、この点対照実験の無い為詳かに為し得ない。之に反して坐骨神経切断の場合は手術侵襲は輕く術後直ちに歩行し、食欲の減退を示さない。切断後1週目には変性及び萎縮像が中等度に混在する。即ち変性と共に萎縮が早期に現われて来るのである。

第6章 結 語

私は成熟猫を実験材料として、正常骨格筋に分布する神経終末を検索すると共に、各種神経切断実験を行い、神経の変性を明かにすると共に、筋の変性との關係を追求し次の結果を得た。

(1) 筋線維に分布する細小無髄神経線維は總て運動神経に属し、Boeke氏の所謂副行神経線維は運動神経副枝である事を知つた。

(2) 神経線維を切断した場合、Waller氏変性は髓鞘、軸索同時に起るが、軸索に比し髓鞘に強く且早く現われ、急速に進展する。

(3) 前根切断、及び後根神経節切除の場合、坐骨神経幹、筋線維に分布する神経線維の変性の最も強いのは1週前後である。筋紡錘内では初期に於て筋線維のそれに比し変性の進度が遅れる。

(4) 坐骨神経幹切断の場合は、他の切断の場合に比し各種変性像は早期に強く現われ、その最強となるのは4~5日である。筋層内の変性よりも筋紡錘内のそれが強く、他の切断の場合と対蹠的である。

(5) 無髄神経線維は有髄神経線維に比し抵抗強く、変性は7~10日で最高に達する。

(6) 筋紡錘に分布する中、小経無髄神経を進入門に依つて遠心性か、求心性かを特長付ける事は不可能であつた。

(7) 筋紡錘に分布する小神経束内、及び筋紡錘内に細小無髄神経線維を証明したが、その所屬系統を詳かに為し得なかつた。

(8) 坐骨神経幹切除後、5日、21日の腓腸筋に全く正常なる運動神経線維、及び正常な神経分布を受けた筋紡錘を証明する事から、腓腸筋線維への分布神経を完全に遮断するには、閉鎖神経をも切断する必要がある。

(9) 下肢筋の血管周囲結合織内分布神経の一部には明かに坐骨神経を通過するものがある。

(10) 前根切断の場合、神経変性の最盛期である1週目に筋の変性も盛んであり、神経変性の吸収清掃期の2週目に筋の再生現象が現われる。

(11) 後根神経節切除の場合、神経と筋の変性とは平行せず、前者に比し後者は4~5日遅れて発現し、2週目に強くなり、それ以後萎縮像が現われる。

(12) 坐骨神経切断の場合、1週目に筋の変性像と共に萎縮像が強く現われ、両者は混在しつつ進むが、神経の変性に比しその強度、進度も遅れ、時間的ずれを生ずる。

稿を終るに当り御懇篤なる御指導と御校閲を賜わつた恩師近藤教授並びに御指導を賜つた平沢教授に深甚なる感謝の意を捧げます。

又本研究には文部省科学研究費の補助を受けた事を附記し感謝の意を表するものである。

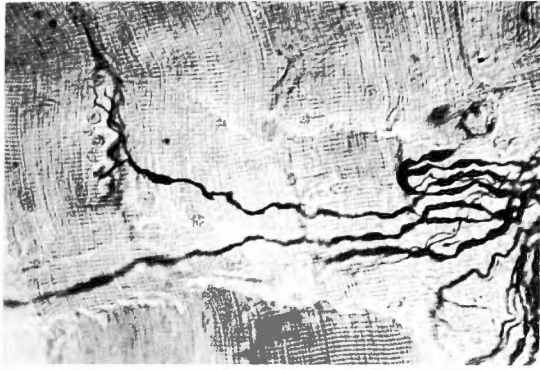
文 献

- 1) Boeke: Anatomische Anzeig, Bd, 35, 1909.
- 2) Derselbe: Anatomische Anzeig, Bd, 35, 1910.
- 3) Derselbe: Anatomische Anzeig, Bd, 44, 1913.
- 4) Derselbe: Z. mikro. Anat. Forsch. 1926, 7.
- 5) Penfield: Handbook of Neurology. 6) Stöhr: Mikroskopische Anatomie des Vegetativen Nerven-System, 1928. 7) Stöhr: Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie 8) Derselbe: Z. Anat. 1935, 104. 9) Boeke: Innervationsforschung, 10) Benecke: Über histologische Vorgänge in durchschnitten Nerven, Virchow's Archiv. Bd 55, 1872. 11) Möhnerberg u Bethe: Archiv f. microscop. Anatomie Bd 54, 1899. 12) Aoyagi: Mitteilungen aus der med. Fakultät der Kaiser. Universität zu Tokio, Bd 10, 1912. 13) Agduhr: Anat. Anzeiger Bd. 49 u. 52, 14) Kührne: Virch. Arch. XXXI. 15) Bremer: Textbook of Histology. the Blakiston Comp. 16) Tower: J. Comp Neurol. 153, 1931 17) 近藤鋭矢: 北野病院業報報告 2, 2, 昭11. 18) 伊藤鉄夫: 筋紡錘体の研究 昭13, 4月. 19) 角田隆: 京都府立医科大学雑誌 1 昭2 20) 倉岡貞: 京都府立医科大学雑誌 2 B, 昭3. 21) 浜田稻穂: 京都府立医科大学雑誌 2 B, 昭3. 22) 倉岡貞: 京都府立医科大学雑誌 3 A, 昭4. 23) 浜田稻穂: 京都府立医科大学雑誌 3 A, 昭4. 24) 有本廉, 野村恒一: 京都府立医科大学雑誌 4 B, 昭5. 25) 土井彰一: 京都府立医科大学雑誌 5 A, 昭6. 26) 中塚茂次

- : 京都府立医科大学雑誌 5 A, 昭6, 27) 有本廉: 京都府立医科大学雑誌 5 A, 昭6, 28) 浜田稻穂: 京都府立医科大学雑誌 1, 昭2 29) 益本圭次: 京都府立医科大学雑誌 10, 11, 昭3, 9 30) 中本完二: 日新医学 2~3 大15 大14. 31) 中本, 倉氏: 日新医学 15, 大14, 32) 中本, 倉氏: 東京医事誌 2408 大14 33) 山崎直治: 日外宝函 4, 2 34) 瀬戸八郎: 東北医学誌 26 3 昭15 35) 瀬戸八郎: 医学の進歩 5 36) 岩永幾太郎: 神経学雑誌 32, 3, 大12 37) 吳建: 自律神経系 克誠堂 昭10 38) 柴氏: 東京医学誌 45, 昭6 39) 三枝玄二: 東京医学誌 45 昭6 40) 沖中重雄: 東京医学誌 48 上 昭9 41) 中沢氏: 東京医学誌 42, 6 42) 吳, 篠崎: 東京医学誌 35, 11 43) 新保: 福岡医科大誌 15, 1 44) 波多野氏: 福岡医科大誌 17, 10

附 図 説 明

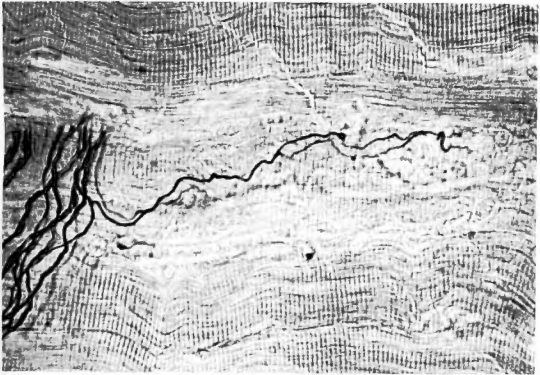
- 1) 猫の正常中径有髓神経の終網及底板核
Cajal氏染色 (Zeiss10×Leitz45)
- 2) 猫の正常中径有髓神経終末及副終末
同上染色 (Zeiss10×Leitz45)
- 3) 猫の正常小径有髓神経終末 同上染色 (同上)
- 4) 猫の正常な単条の細小無髓神経線維、纖弱な終末を形成する。同上染色 (同上)
- 5) 猫の筋線維に分布する単条の細小無髓神経線維の精子頭狀終末及び小点狀結節形成
同上染色 (同上)
- 6) 中径有髓神経線維と共に走る単条の無髓神経線維結節部で分岐し、中径有髓神経終末内に終止す。
同上染色 (同上)
- 7) 中径有髓神経線維より分岐して、走る細小無髓神経線維 同上染色 (同上)
- 8) 中径有髓神経線維より分岐した。細小無髓神経線維は経過中小結節を形成し、同一終末器内に終る。
同上染色 (同上)
- 9) 猫の中径運動神経線維に平行して走る、細小無髓神経線維。同一終末器に終る。
同上染色 (同上)
- 10) 前根切断後4日目の運動神経終末及筋内神経の変性。断裂、崩壊を示す
同上染色 (同上)
- 11) 前根切断後6日目の中径有髓神経線維の崩壊及吸収と小径無髓神経線維の腫脹及断裂
同上染色 (Zeiss10×Zeiss40)
- 12) 坐骨神経切断後21日目、腓腸筋に於ける全く正常な中径、小径有髓神経線維の終末
同上染色 (Zeiss10×Leitz45)
- 13) 坐骨神経切断後24時間日血管周囲結合織内に分布する神経の断裂、
同上染色 (Zeiss10×Leitz45)
- 14) 猫の正常筋紡錘分布神経
同上染色 (Zeiss10×Leitz8)
- 15) 前根切断後40時間日筋紡錘内中径有髓神経線維の膨化。 同上染色 (Zeiss10×Leitz45)
- 16) 後根神経節切除後5日目の筋紡錘、大径有髓神経の崩壊吸収 同上染色 (Zeiss10×Zeiss40)



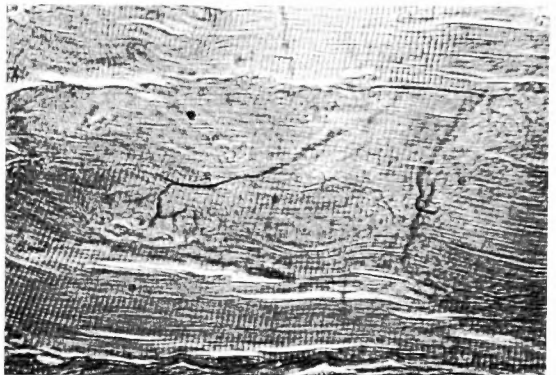
第 1 図



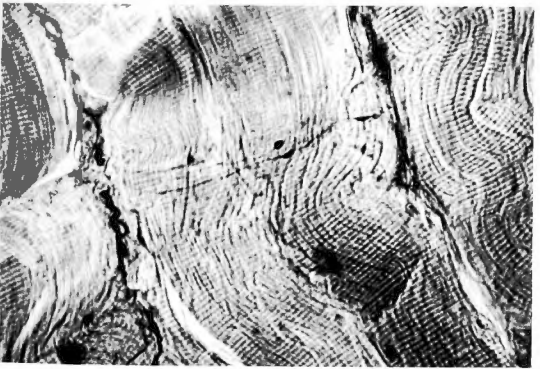
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図



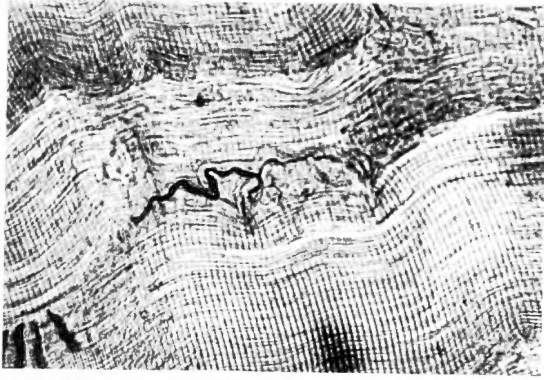
第 6 図



第 7 図



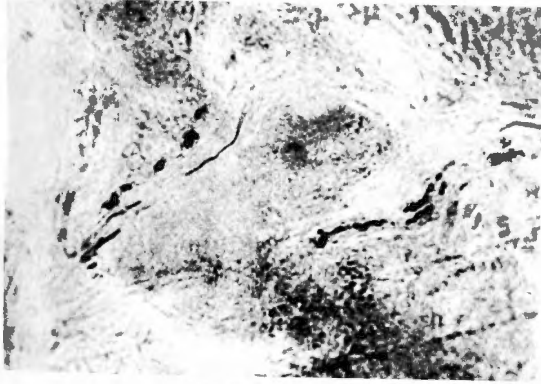
第 8 図



第 9 図



第 10 図



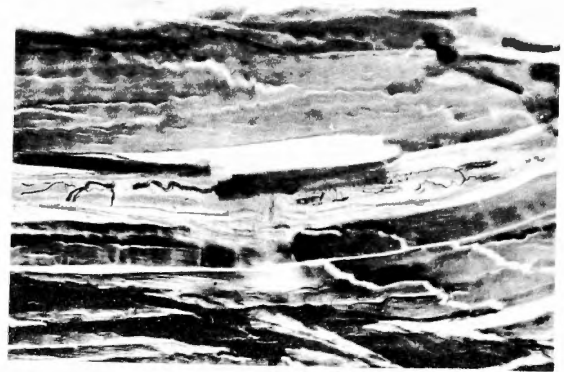
第 11 図



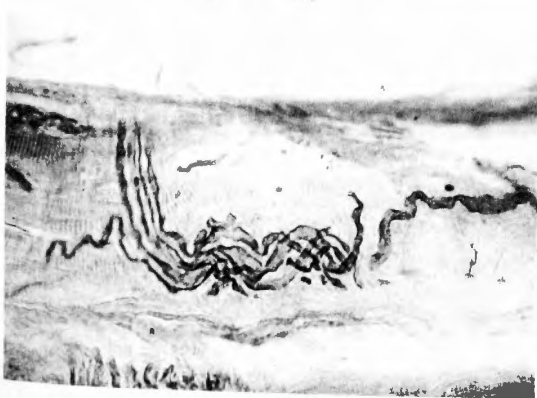
第 12 図



第 13 図



第 14 図



第 15 図



第 16 図